

INSTITUT FÜR BAUSTOFFKUNDE UND STAHLBETONBAU

der Technischen Hochschule Braunschweig

Direktor: o.Prof. Dr.-Ing. Karl Kordina

Abschlußbericht zum Forschungsauftrag
"Brandversuche an Wandkonstruktionen in Holz"

von

o. Professor Dr.-Ing. Karl Kordina

und

Dipl.-Ing. Claus Meyer-Ottens

BIBLIOTHEK

Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz

der Technischen Universität Braunschweig

Beethovenstraße 52

D-3300 Braunschweig

August 1963

Die Untersuchungen wurden im Auftrage des Herrn Bundesministers für
Wohnungswesen, Städtebau und Raumordnung durchgeführt.

Bad Godesberg, Az: III B 3-3073 Nr. 74.2/1/60 und IV 3-3073 Nr. 74.2/1/63

1. Allgemeines

Auf Antrag des Zentralverbandes des Deutschen Baugewerbes, Bonn, und im Auftrage des Bundesministers für Wohnungswesen, Städtebau und Raumordnung, Bad Godesberg (Az: III B 3-3073 Nr. 74.2/1/60 und IV 3-3073 Nr. 74.2/1/63), untersuchte das Institut für Baustoffkunde und Stahlbetonbau der Technischen Hochschule Braunschweig 4 Wandkonstruktionen aus Holz auf Widerstandsfähigkeit gegen Feuer und Wärme nach DIN 4102, Ausgabe 1940. Es wurden insgesamt 8 Versuchswände - pro Wandkonstruktion 2 Versuche - untersucht. Wandkonstruktion 4 wurde dabei erst nach den Erfahrungen gefertigt, die bei den Brandversuchen an den Konstruktionen 1 bis 3 gesammelt wurden.

Der konstruktive Aufbau der Versuchswände wurde durch einen Arbeitskreis festgelegt, dem folgende Herren angehörten:

1. Obering. Freise, Zentralverband des Deutschen Baugewerbes, Bonn,
2. Dr.-Ing. Seekamp, Bundesanstalt für Materialprüfung, Berlin-Dahlem,
3. Dr.-Ing. Storch, Kuratorium für Waldarbeit und Forsttechnik e.V. Hamburg,
4. Mitarbeiter des Instituts für Baustoffkunde und Stahlbetonbau, T.H. Braunschweig.

Sinn und Zweck der Untersuchungen war, Erkenntnisse für den vorbeugenden Brandschutz unter dem Gesichtspunkt des baulichen Luftschutzes zu gewinnen und Grundlagen für eine Überarbeitung der DIN 4102, Ausgabe 1940 "Widerstandsfähigkeit von Baustoffen und Bauteilen gegen Feuer und Wärme" zu schaffen.

2. Beschreibung der Versuchs-Wandkonstruktionen

Alle Wandkonstruktionen (vgl. Anlage 1-4) besaßen die äußeren Abmessungen von Breite x Höhe = 2,05 m x 2,20 m. Während die Wandkonstruktionen 1-3 jeweils aus einem vorgefertigten Element bestanden, war die Wandkonstruktion 4 aus zwei Elementen (1,025/2,20 m + 1,025/2,20 m) zusammengesetzt.

Die tragenden Bauglieder wurden bei Wandkonstruktion 1 - 3 aus jeweils zwei Seiten- und drei Mittelstielen, Querschnitt 6/9,6 cm, bei Wandkonstruktion 4 aus jeweils vier Seitenstielen, Querschnitt 4,6/9,6 cm und je zwei Mittelstielen, Querschnitt 3/9,6 cm, gebildet. Alle Stiele wurden am oberen Ende durch ein Rähm 4/9,6 cm und am unteren Ende durch eine Schwelle 4/9,6 cm verbunden. Jeweils drei Riegel 3/9,6 cm im lichten Abstand von rd. 50 cm ergaben weitere Querverbindungen. Die Holzverbindungen zwischen Stielen, Riegeln, Schwelle und Rähm wurden durch gerade Blätter oder durch Zapfen und Loch gebildet. Alle Holzverbindungen waren zusätzlich mit Drahtstiften abgenagelt.

Bei Wandkonstruktion 4 besaßen zwei Seitenstiele eine auf ganzer Länge durchgehende Nut, so daß aus zwei Einzelementen jeweils mit Hilfe einer Hartholzfeder ein großes Wandelement zusammengebaut werden konnte.

Diese so hergestellten, fachwerkartigen Holzrahmen, bei denen alle Hölzer aus gehobeltem Fichtenholz der Güteklasse II nach DIN 4074 bestanden, erhielten folgende Innen- und Außenverkleidungen bzw. Füllungen der Zwischenfelder:

Wandkonstruktion 1: Innen- und Außen-Verkleidung bestand aus jeweils zwei 8 mm dicken Sperrholzplatten "Wi De Flex" der Wi-De-Werke in Groß Ostheim, die auf Stiele, Rähm und Schwelle aufgeleimt und aufgenagelt waren. Auf dem Mittelstiel in Wandmitte waren die zwei Sperrholzplatten jeweils direkt aneinandergestoßen, so daß keine nennenswerte Fuge entstand.

In die 9,6 cm tiefen Zwischenfelder, die durch die Stiele und Querrhölzer gebildet wurden, wurden 50 mm dicke Holzwohle-Leichtbauplatten nach DIN 1101 so eingepaßt, daß zwischen HWL- und Sperrholz-Platten jeweils Luftzwischenräume von rd. 25 mm Tiefe bestanden. Der Abstand wurde durch Leisten 25/30 mm gehalten, die an den Stielen befestigt waren. (Vgl. Anl. 1) .

Wandkonstruktion 2: Die Innenverkleidung bestand wie bei Wandkonstruktion 1 aus zwei dicht aneinandergestellten, 8 mm dicken "Wi De Flex"-Sperrholzplatten. Die Außenverkleidung wurde dagegen aus 3 mm dicken, harten Holzfaserplatten nach DIN 68 750 und einer darüber genagelten, senkrecht, 22 mm dicken Holzschalung mit Nut und Feder gebildet. Die Holzschalung besaß außerdem eine Profilierung, die aus Anlage ersichtlich ist.

Die zwischen den Stielen und Querrhölzern liegenden Felder wurden wiederum mit 50 mm dicken Holzwohle-Leichtbauplatten ausgefüllt. Die Anordnung erfolgte im Gegensatz zu Wandkonstruktion 1 jedoch so, daß nur ein Luftzwischenraum auf der Wandinnenseite gebildet wurde; d.h. die HWL-Platten berührten unmittelbar die harte Holzfaserplatte der Außenverkleidung. Ein Verschieben der HWL-Platten wurde durch an die Stiele genagelte Leisten 25/30 mm verhindert.

Wandkonstruktion 3: Die Innenverkleidung bestand im Gegensatz zu den Konstruktionen 1 und 2 aus einer 13 mm dicken Holzspanplatte mit der Bezeichnung "System Lehr". Eine waagerecht angeordnete, 22 mm dicke Nut- und Feder-Schalung mit Profilierung bildete die Außenverkleidung. Zwischen dieser Schalung und den fachwerkartigen Wandrahmen befand sich eine 0,5 mm dicke unbesandete Bitumenpappe.

In den Zwischenfeldern des Wandrahmens waren symmetrisch zu den Stielachsen jeweils zwei nicht brennbare¹⁾, 15 mm dicke Mineralfaserplatten mit der Bezeichnung "Odenwald MF Normalplatten" eingepaßt. Zwischen Innen- bzw. Außenverkleidung und Odenwald MF Platten war ein Luftzwischenraum von jeweils 10 mm. Der Luftzwischenraum zwischen den Mineralfaserplatten betrug 46 mm. Die Odenwald MF Platten wurden durch Drahtstifte an Leisten 25/46 mm gehalten, die an den Stielen befestigt waren. (Vgl. Anl. 3).

Wandkonstruktion 4: Die Innenverkleidung wurde wie bei Wandkonstruktion 3 durch eine 13 mm dicke Holzspanplatte "System Lehr" gebildet. Die Wandkonstruktion wurde - wie schon beschrieben - aus zwei kleinen, 1,025 m breiten Elementen zusammengesetzt. Die beim Zusammenfügen dieser Elemente entstehende Fuge wurde durch eine gleich dicke Holzspanplatte (Deckleiste) ausgefüllt. Unmittelbar hinter den Holzspanplatten befanden sich jeweils durchgehende, 15 mm dicke Odenwald MF Normalplatten, die an der Wandfuge dicht gestoßen waren. Die Holzspan- und Odenwald MF Platten waren untereinander und mit den Rahmenbälzern der Wand durch Leim und Nagelung verbunden.

Die Außenverkleidung bestand aus einer 22 mm dicken, senkrecht angeordneten Nut- und Feder-Schalung ohne Profilierung. Die Überdeckung der Wandfuge erfolgte durch eine eingepaßte Deckleiste. Zwischen Holzschalung und Wandrahmen befand sich - wie bei Konstruktion 3 - eine 0,5 mm dicke unbesandete Bitumenpappe.

¹⁾ Die Nichtbrennbarkeit wurde nach der britischen Norm "BS 476" festgestellt.

In den Zwischenfeldern der Wandrahmen waren 50 mm dicke Holzwolle-Leichtbauplatten eingepaßt. Die Anordnung erfolgte im Gegensatz zu den Konstruktionen 1 bis 2 jedoch so, daß sich die HWL-Platten ohne Lutzzwischenraum unmittelbar hinter den Odenwald MF Platten an der dem Feuer zugekehrten Innenseite befanden. Umlaufende Leisten 25/30 mm hielten die HWL-Platten in der beschriebenen Lage. Der Lutzzwischenraum zwischen diesen HWL-Platten und der Bitumenpappe betrug dadurch +6 mm. (vgl. Anl.4).

Durch die verschiedenartige Ausführung der Wände besaßen alle einzelnen Wandelemente unterschiedliche Gewichte. Sie sind in der folgenden Tafel zusammengestellt und gleichzeitig als Flächengewicht angegeben.

Gewichte der Wandelemente in kg

Versuchswand	Wandkonstruktion			
	1	2	3	4
1	167,1	223,7	171,8	193,5
2	170,2	218,0	175,0	161,6
Mittelwert	168,65	220,85	173,4	187,55
Flächengewicht in kg/m ²	3,74	4,90	3,35	4,16

3. Beschreibung der Versuchsdurchführung

Facharbeiter des Institutes bauten die beschriebenen Wandkonstruktionen als senkrechte Raumabschlüsse vor ein Brandhaus mit einer lichten Öffnung von Breite x Höhe = 1,80 x 2,00 m (vgl. Anlage 1 bis 4). Durch diesen Einbau wurden die Wände in den Bereichen der Schwelle, des Rahms und der Außenstiele nicht dem Feuer ausgesetzt.

Das Brandhaus wurde mit jeweils 2 Hochdruck-Ölbrennern beflammt. Die Temperaturen wurden nach der Einheitstemperaturkurve nach DIN 4102, Ausgabe 1940, gesteigert. Die Temperaturmessung hierfür erfolgte mit 6 Ni-Cr-Ni-Thermoelementen, die in einem Abstand von etwa 10 cm von den Versuchswänden angebracht waren. Die Temperaturen an den Wandaußenflächen an der dem Feuer abgekehrten Seite wurden mit fest angebrachten und örtlich variablen Cu-Kunst.-Thermoelementen gemessen. Die Anordnung der fest angebrachten Meßstellen ist aus den Anlagen 1 bis 4 ersichtlich.

Bei Versuchsbeginn erhielten alle Wände eine senkrechte, auf die Stielachsen bezogen, zentrische Belastung, die so bemessen wurde, daß in den Stielen annähernd eine rechnerisch zulässige Druckspannung von 85 kg/cm² nach DIN 1052, Tafel 2, herrschte. Eine genaue Lastermittlung war nicht möglich, da die mittragende Wirkung der Innen- und Außenverkleidung der Wände nicht bekannt war. Eine mittragende Wirkung hätte im übrigen

nur unter vereinfachenden Annahmen in Rechnung gesetzt werden können. Die Last-eintragung erfolgte daher so, daß weitgehend nur die Stiele eine Belastung erhielten. Die Belastung wurde bis Versuchsende konstant gehalten. In einigen Fällen wirkte die Belastung während der Versuche vermutlich infolge des einseitigen Abbrandes derart ausmittig, daß die gesamte Wand vom Brandhaus abkippte. Um das Brandverhalten - Temperaturanstieg, Durchbrand usw. - genau zu studieren, wurde in diesen Fällen davon abgesehen, die rechnerisch zulässige Belastung bis Versuchsende beizubehalten.

Je eine Versuchswand der Konstruktionen 1 und 2 erhielt vor dem Einbau in das Brandhaus einen Anstrich mit einem Flammenschutzmittel, um im Brandversuch festzustellen, inwieweit derartige Wandkonstruktionen aus Holz vor Feuerangriff geschützt werden können.

Wandkonstruktion 1 (Wand 2) erhielt einen Anstrich mit dem Schaumschichtbildner "Flammbrafex" der Firma Braunschweiger Farbenwerke Wilhelm Pieper u. Co. KG. Die Anstrichmenge betrug 500 g/m^2 .

Wandkonstruktion 2 (Wand 2) erhielt einen mehrfachen Anstrich durch die Firma Wiederhold, Hilden/Rheinland. Der erste Anstrich bestand aus einem Grundlack mit der Bezeichnung

Dx-Grundlack, farblos für Holz
RC 8102, Auftragsmenge 50 g/m^2 .

Der zweite Anstrich erfolgte mit

Wiedokoll-Brandschutzfarbe, N 56 532
(Prüfnummer: PA V 603)

zweimal mit einer Auftragsmenge von je 300 g/m^2 . Der dritte Anstrich bestand aus

Wiedokoll-Deckfarbe, N 56 534

mit einer Auftragsmenge von 100 g/m^2 . Die Gesamt-Anstrichmenge der drei unterschiedlichen Anstriche betrug somit 750 g/m^2 .

4. Versuchsergebnisse

4.1 Feuerwiderstandsdauer der Wandkonstruktionen

Die bei den Versuchen erreichten Feuerwiderstandszeiten sind in der folgenden Tafel wiedergegeben. Dabei wurde unterschieden, zwischen der Zeitdauer, bis die Oberflächentemperaturen der Wände an der dem Feuer abgekehrten Seite den nach DIN 4102, Ausgabe 1940, zulässigen Wert von maximal 130°C überschritten, und der Versuchszeit bis zum ersten Durchbrand der Konstruktionen. Die Stellen an den Wänden, an denen die 130°C -Temperaturgrenze überschritten wurde, entsprechen den Stellen, an denen auch der erste Durchbrand stattfand. Die Temperaturen wurden hier mit einem Sonder-Thermoelement gemessen, das in den Anlagen 1 bis 4 nicht eingezeichnet wurde, da es örtlich variabel angebracht wurde. Die Oberflächentemperaturen aller anderen Bereiche

(fest angebrachte Meßstellen), bei denen ein Durchbrand erst später stattfand, sind in Abschnitt 4.2 beschrieben.

Feuerwiderstandsdauer in min der Wandkonstruktionen

Feuerwiderstands- kriterium	W a n d k o n s t r u k t i o n							
	1		2		3		4	
	V e r s u c h							
	1	2 ⁺⁾	1	2 ⁺⁺⁾	1	2	1	2
Zeit bis Oberflächentemperatur an der dem Feuer abgekehrten Seite $\leq 130^{\circ}\text{C}$ ist	~53	~52	~53	~66	~69	~65	~95	~65
Zeit bis zum ersten Durchbrand der Konstruktion	57	55	55	67	73	70	102	85

- +) Wand mit Flammschutzmittel "Flammbrafex" }
 ++) Wand mit Flammschutzmittel "Wiedokoll" } genaue Bezeichnung siehe Seite 4.

Die Zusammenstellung zeigt, daß die Wandkonstruktionen 1 und 2 hinsichtlich der Feuerwiderstandsdauer (Durchbrandzeit) etwa gleichwertig sind. Wandkonstruktion 3 verhielt sich dagegen um 13 bis 16 Minuten - rd. 20 % bezogen auf 70 bis 73 Minuten Durchbrandzeit - günstiger. Wandkonstruktion 4, die nach den Versuchserfahrungen an den Konstruktionen 1 bis 3 hergestellt worden war, besaß mit 85 und 102 Minuten - das sind noch einmal rd. 16 bis 45 % mehr als 70 bis 73 Minuten Durchbrandzeit - die weitaus beste Feuerwiderstandsdauer hinsichtlich des Durchbrandes. Hierzu ist jedoch zu bemerken, daß die Streuung dieser zwei vorliegenden Ergebnisse recht groß ist.

Das Verhältnis der Feuerwiderstandsdauer zu der Zeit, nach der die Oberflächentemperatur $\geq 130^{\circ}\text{C}$ ist, wird bei allen Wandkonstruktionen etwa gleich groß. Lediglich bei Wandkonstruktion 4 - insbesondere bei der zweiten Versuchswand - ist dagegen die erreichte Feuerwiderstandsdauer gegenüber den anderen Konstruktionen nicht entsprechend größer. Bei Versuchswand 2 der Konstruktion 4 wurde die Oberflächentemperatur von 130°C schon nach 65 Minuten überschritten. Dieser Zeitwert liegt in derselben Größenordnung wie bei den Versuchswänden der Konstruktion 3.

Abgesehen von dieser Versuchswand 2 (Konstruktion 4) wurde die 130°C -Grenze der Oberflächentemperaturen bei allen Wänden nur zwischen 1 und 7 Minuten eher überschritten, als der erste Durchbrand stattfand. Bei Wand 2 der Wandkonstruktion 4 betrug der Zeitunterschied 20 Minuten.

Nach der vorstehenden Tafel ergab das Flammschutzmittel "Flammbrafex" bei Wandkonstruktion 1 keine Verbesserung der Feuerwiderstandsdauer. Die Wand mit dem Flammschutzmittel "Brandschutzfarbe Wiedokoll" erreichte dagegen

(Wandkonstruktion 2) eine 12 bis 13 Minuten größere Feuerwiderstandsdauer als der vergleichbare Nullversuch. Auf Grund der festgestellten Streuungen in den Feuerwiderstandszeiten, insbesondere bei Konstruktion 4, kann jedoch zunächst nicht sicher gesagt werden, daß das günstigere Verhalten auf das Flammenschutzmittel zurückzuführen ist. Die während der Versuche gemessenen Temperaturen und gemachten Beobachtungen, - vgl. Abschnitt 4.2 und 4.3 sowie Anlage 8 und 9 - lassen vielmehr vermuten, daß die Wirkung des Flammenschutzmittels bei diesem Versuch nicht zur Geltung kam.

4.2 Ergebnisse der Temperaturmessungen

Die während der Versuche gemessenen Temperaturen an den fest angebrachten Meßstellen im Brandhaus und an der dem Feuer abgekehrten Oberfläche der Wände sind in den Anlagen 5 bis 7 tabellarisch zusammengestellt und in Anlage 8 graphisch aufgezeichnet. Die Lage der Meßstellen ist aus Anlage 1 bis 4 ersichtlich.

Die Temperaturen im Brandraum lagen während der Versuche alle im zulässigen Toleranzbereich der Einheitstemperaturkurve nach DIN 4102, Ausgabe 1940 und können daher als gleich groß angesehen werden.

Die an den festen Meßstellen an den Wandoberflächen auf der dem Feuer abgekehrten Seite gemessenen Temperaturen stiegen während der Versuche nicht über 100°C. (Über die Temperaturen, die an den Durchbrandstellen mit einem örtlich variabel angebrachten Thermoelement gemessen wurden und 130°C und mehr betrugen, wurde bereits in Abschnitt 4.1 berichtet.) Aus den Anlagen 6 bis 8 ist ersichtlich, daß die Temperaturen auf den Brettfugen sowie auf den Brettern oder Sperrholzfeldern der Außenverkleidung in der Regel höher lagen als die Temperaturen an der Außenverkleidung über den Rahmenstielen. Im einzelnen können aus den festgestellten Temperaturen folgende Annahmen und Erklärungen abgeleitet werden:

Wandkonstruktion 1: Die vergleichbaren Temperaturen der Wände 1 und 2 liegen dicht beieinander. Die an Wand 2 (mit Flammenschutzmittel "Flammbrafex") gemessenen Temperaturen liegen in der Regel niedriger als bei Wand 1 (ohne Flammenschutzmittel). Eine Verzögerung des Temperaturanstieges von etwa 10 bis 13 Minuten kann besonders deutlich bei den Meßstellen auf den Sperrholzfeldern abgelesen werden. Mit zunehmender Versuchszeit wird dieser Unterschied kleiner und verschwindet bis Versuchsende ganz. Die Verzögerungen können möglicherweise auf den Einfluß des Flammenschutzmittels zurückgeführt werden. Die gemessenen Temperatur-Verzögerungen entsprechen im übrigen den gemachten Beobachtungen während der Versuche, vgl. Abschnitt 4.3 und Anl.9.

Wandkonstruktion 2: Die vergleichbaren Temperaturen der Wände 1 und 2 liegen noch dichter zusammen als bei den Versuchen an Wandkonstruktion 1. Ein Unterschied zwischen Wand 1 (ohne Flammenschutzmittel) und Wand 2 (mit "Brand-schutzfarbe Wiedokoll") kann kaum festgestellt werden. Der Einfluß des Flammenschutzmittels ist hier nicht erkennbar.

Der Anstieg der Temperaturen aller Meßstellen erfolgt erst nach rd. 30 Minuten. Die Temperaturen liegen insgesamt niedriger als bei Konstruktion 1. Dieser Unterschied ist sicherlich darauf zurückzuführen, daß Wandkonstruktion 2 eine wärmeisolierende Außenverkleidung besaß. (8 mm harte Holzfaserplatte + 22 mm dicke Holzschalung gegenüber 8 mm Sperrholz).

Alle durch die "Brandschutzfarbe Wiedokoll" in Abschnitt 4.3 beschriebenen sehr geringen Verzögerungen (max. 2 Minuten) fallen zeitlich gesehen in diesen waagerecht verlaufenden Temperaturast. Der Einfluß des Flammenschutzmittels kann nach diesen Feststellungen auf die Feuerwiderstandsdauer (Durchbrandzeit und Zeit bis $T \geq 130^\circ\text{C}$) nur ganz gering gewesen sein.

Der in Abschnitt 4.1 festgestellte Unterschied in der Feuerwiderstandsdauer von 12 - 13 Minuten zwischen Versuch 1 und 2 muß daher auf andere Ursachen - z.B. Herstellungsfehler, Herstellungsungenauigkeiten (dadurch u.U. größere Verbrennungs-Luftzufuhr) o.ä. - zurückgeführt werden.

Wandkonstruktion 3: Der Temperaturanstieg an allen Meßstellen erfolgt bei beiden Wänden nach rund 20 Minuten und damit etwa 10 Minuten eher als bei Wandkonstruktion 2. Die Ursache hierfür ist im anderen Wandaufbau und damit in der zu Konstruktion 2 unterschiedlichen Wärmeisolierung der Innen- und Außenverkleidung sowie des Innenaufbaues zu suchen.

Die auf den Brettfugen gemessenen Temperaturen liegen nach rd. 50 min deutlich etwa 20°C höher als die auf den Brettern der Außenverkleidung festgestellten Temperaturen (Meßstellen über den Rahmenfeldern). Letztere liegen wiederum in der Regel bis zu etwa $10 - 20^\circ\text{C}$ höher als die Temperaturen auf den Brettern über den Rahmenstielen.

Wandkonstruktion 4: Ein deutlich erkennbarer Anstieg der Temperaturen an Wand 1 und 2 erfolgte bei dieser Konstruktion zwischen rd. 25 und 30 Minuten. Da die Versuche zu verschiedenen Jahreszeiten durchgeführt wurden, betrugen die Ausgangstemperaturen bei Versuch 1 und 2 10 bzw. 16°C . Dieser Temperaturunterschied ist während der gesamten Messungen bei den vergleichbaren Meßstellen zu erkennen. Die Temperatur-Meßergebnisse können daher - wie auch bei allen anderen Messungen bei den Konstruktionen 1 bis 3 - als annähernd reproduzierbar betrachtet werden.

Die erheblich schlechtere Feuerwiderstandsdauer von 17 (Durchbrandzeit) bzw. 30 Minuten (Zeit bis $T \geq 130^\circ\text{C}$) von Wand 2 gegenüber Wand 1 kann ähnlich wie bei Konstruktion 3 vermutlich nur auf ein unterschiedliches Verhalten infolge Verstellungsfehler, Herstellungsungenauigkeiten o.ä. zurückgeführt werden.

4.3 Beobachtungen während der Versuche

Die während der Versuche gemachten Beobachtungen sind tabellarisch in Anlage 9 zusammengestellt. Ein Vergleich der dort angegebenen Beobachtungszeitpunkte zu den verschiedenen Ereignissen während der Versuche führt zu folgenden Ergebnissen:

Die verwendeten Flammenschutzmittel führten jeweils zu einer Schaumschichtbildung, die beim Flammenschutzmittel "Flammorafex" nach 6 Minuten und bei der "Brandschutzfarbe Wiedokoll" bereits nach 2 Minuten mehrfach bis zu 10 cm Breite aufriß. Die Verzögerung bis zum Entflammen der Sperrholz-Innenverkleidung betrug gegenüber allen anderen Versuchen beim Flammenschutzmittel "Flammorafex" 5 und bei der "Brandschutzfarbe Wiedokoll" 2 Minuten. Die Verzögerung bis zum vollständigen Ablösen und Abfallen der Innenverkleidung vom jeweiligen Wandrahmen betrug bei Flammenschutzmittel "Flammorafex" rd. 13 und bei der "Brandschutzfarbe Wiedokoll" nur rund 2 Minuten. Bei der Wand mit Flammenschutzmittel "Flammorafex" waren nach 20 Minuten jedoch schon über 50 % der Innenverkleidung abgefallen, so daß die wirksame Verzögerung hier nur etwa 5 Minuten betrug.

Die Wirkung des Flammenschutzmittels "Flammbrafex" kann daher nur als geringfügig besser als die der "Brandschutzfarbe Wiedokoll" angesehen werden. Der Einfluß auf die Oberflächentemperaturen der Wände auf der dem Feuer abgekehrten Seite wurde in diesem Zusammenhang bereits in Abschnitt 4.2 beschrieben.

Zusammenfassend kann zum Verhalten der Flammenschutzmittel gesagt werden, daß die beobachtete zeitliche Verzögerung von etwa 2 bis 5 Minuten beim Abbrennen der Innenverkleidung keinen oder nur einen sehr geringen Einfluß auf die Feuerwiderstandsdauer der jeweiligen Wandkonstruktion besaß.

Die Innenverkleidungen aller Wandkonstruktionen waren in der Regel nach 15 bis 21 Minuten ganz oder wenigstens mehr als 50 % verbrannt und abgefallen. Die sichtbaren Teile der Wandrahmen brannten teilweise bereits nach 7 und 10 Minuten, im allgemeinen zwischen 15 und 17 Minuten. Bis zum Durchbrand der Konstruktion konnten - abgesehen von drei Sonderfällen bei den Wänden 2.2, 3.1 und 3.2 ⁴⁾ (vgl. Anlage 9) - keine besonderen Ereignisse beobachtet werden.

In Anlage 9 sind abschließend die Zeitpunkte und Stellen angegeben, bei denen die jeweilige Wandkonstruktion zum ersten und zweiten Mal durchbrannte. Der zweite Durchbrand erfolgte im Mittel 6 Minuten (Minimum 2, Maximum 10 Minuten) nach dem ersten Durchbrand an einem von der ersten Durchbrandstelle unabhängigen Wandbereich. Die Durchbrandstellen waren vor dem jeweiligen Durchbrand durch starke Qualm- und Wasserdampfbildung sowie durch Überschreiten der Temperaturen von 130°C erkennbar.

Nach dem zweiten Durchbrand oder kurze Zeit später wurden die Versuche jeweils abgebrochen. Die brennenden Wände wurden mit Wasser gelöscht. Ein schnelles und vollständiges Löschen konnte durch den mehrschichtigen Wandaufbau meistens nicht stattfinden, da die innen liegenden Holzteile immer wieder anfangen zu brennen.

5. Zusammenfassung

Auf Antrag des Zentralverbandes des Deutschen Baugewerbes, Bonn, und im Auftrag des Bundesministers für Wohnungswesen, Städtebau und Raumordnung, Bad Godesberg (Az: III B 3-3073 Nr. 74.2/1/60 und IV 3-3073 Nr. 74.2/1/63) untersuchte das Institut für Baustoffkunde und Stahlbetonbau der Technischen Hochschule Braunschweig 4 Wandkonstruktionen aus Holz bzw. 8 Versuchswände (je Wandkonstruktion zwei Wände) auf Widerstandsfähigkeit gegen Feuerangriff.

Die äußeren Abmessungen der Versuchswände betrugen Breite x Höhe = 2,05 m x 2,20 m. Während die Wandkonstruktionen 1 bis 3 jeweils aus einem vorgefertigten Element bestanden, war Wandkonstruktion 4 aus zwei Elementen je 1,025 x 2,20 m zusammengesetzt. Alle Wandkonstruktionen besaßen jeweils einen fachwerkartigen Rahmen aus Holzstielen 6/96, 3/9,6 bzw. 4/9,6 cm im Abstand von rd. 40 cm, Schwäle, Riegeln und Rähm. Innen- und Außenverkleidung

⁴⁾ erste Zahl = Wandkonstruktion, zweite Zahl = Nr. der Versuchswand

sowie der Innenaufbau der durch die Rahmenlölzer gebildeten Felder waren unterschiedlich. Angaben hierüber sind aus der folgenden Gegenüberstellung ersichtlich, in der gleichzeitig die erreichten Feuerwiderstandszeiten eingetragen sind.

Aufbau und Feuerwiderstandsdauer der Versuchswände

kennzeichnende Angaben zu den Wandkonstruk- tionen	W a n d k o n s t r u k t i o n							
	1		2		3		4	
	V e r s u c h							
	1	2	1	2	1	2	1	2
Flammschutzmittel auf der Wandinnen- seite	-	Flamm- bra- fex ¹⁾	-	Wied- do- koll ²⁾	-	-	-	-
Innenverkleidung	8 mm Sperrholz "Wi De Flex"		8 mm Sperrholz "Wi De Flex"		13 mm Holzspan- platte "System Behr"		13 mm Holzspan- platte "Syst. 8" 15 mm Odenwald MF Platten	
Innenaufbau	50 mm HWL- Platte ³⁾		50 mm HWL- Platte ³⁾		2 Odenwald MF Platten à 15 mm		50 mm HWL- Platte ³⁾	
Außenverkleidung	8 mm Sperrholz "Wi De Flex"		8 mm harte Holzfaserplatte 22 mm Holz- schalung		0,5 mm Bitumen- pappe 22 mm Holz- schalung		0,5 mm Bitumen- pappe 22 mm Holz- schalung	
Zeit in Min. nach der die Temperatu- ren an der dem Feuer abgekehrten Seite $\geq 130^\circ$ sind	~ 53	~ 52	~ 53	~ 66	~ 69	~ 65	~ 95	~ 65
Zeit in Minuten bis zum ersten Durchbrand	57	55	55	67	73	70	102	85

1) Flammschutzmittel "Flammbrafex" der Braunschweiger Farbenwerke.

2) "Brandschutzfarbe Wiedokoll" (PA V 603) der Fa. Wiederhold auf Spezialgrundlack aufgetragen und mit Spezial-Deckfarbe überstrichen.

3) Holzwolle-Leichtbauplatte nach DIN 1101.

Die Versuchswände wurden nach DIN 4102, "Widerstandsfähigkeit von Baustoffen und Bauteilen gegen Feuer und Wärme", Ausgabe 1940, geprüft. Die Belastung erfolgte so, daß in den senkrechten Wandstielen annähernd 85 kg/cm² Druckspannung entsprechend σ_d nach DIN 1052 für Fichtenholz der Güteklasse II herrschte. Die ^d zur Temperaturen auf der Wandoberfläche an der dem Feuer abgekehrten Seite wurden an mehreren Stellen gemessen.

Die Innenverkleidungen der untersuchten Wände entflammten nach zwei bis acht Minuten, wobei die Flammenschutzmittel einen verzögernden Einfluß von zwei bis fünf Minuten ausübten. Das Flammenschutzmittel "Flammbrafex" verhielt sich dabei etwas günstiger als die "Brandschutzfarbe Wiedokoll". Nach rd. 15 bis 21 Minuten verbrannten die Innenverkleidungen und fielen ganz oder mehr als 50 % ab.

Die Wandkonstruktionen 1 und 2 verhielten sich unter Feuerangriff ähnlich. Die erreichten Feuerwiderstandszeiten betrugen 52 bis 66 Minuten ($T \geq 130^{\circ}\text{C}$) bzw. 55 bis 67 Minuten (1. Durchbrand), vgl. auch vorstehende Tafel. Die zeitlich wirksame geringe Verzögerung der Flammenschutzmittel beim Abbrennen der Innenverkleidung hatte auf die Feuerwiderstandsdauer der Wände keinen Einfluß mehr. Der Unterschied in der Feuerwiderstandsdauer (55 bis 67 Minuten) zwischen Wand 1 und 2 der Konstruktion 2 beruht vermutlich auf Herstellungsfehlern, Einbauungenauigkeiten oder anderen Einflüssen, die nicht festgestellt werden konnten.

Wandkonstruktion 3 erzielte eine Feuerwiderstandsdauer von 65 bis 69 Minuten ($T \geq 130^{\circ}\text{C}$) bzw. von 70 bis 73 Minuten (1. Durchbrand). Wandkonstruktion 4, die nach den Versuchserfahrungen an den Konstruktionen 1 bis 3 hergestellt worden war, besaß mit 65 bis 95 Minuten ($T \geq 130^{\circ}\text{C}$) bzw. mit 85 bis 102 Minuten (1. Durchbrand) die größte Feuerwiderstandsdauer. Die hier aufgetretenen Streuungen der Meßergebnisse sind - wie bei Konstruktion 2 - ebenfalls auf Herstellungsfehler oder Versuchsungenauigkeiten zurückzuführen.

Der Direktor

Der Sachbearbeiter

(o.Prof.Dr.-Ing.Kordina)

(Dipl.-Ing.Meyer-Ottens)

Braunschweig, den 14.8.1963.

Anlage 5

Brandhaustemperaturen (Mittelwerte aus jeweils 4 Meßstellen)

Versuchs- zeit in min.	Temperaturen in °C im Brandhaus bei Wandkonstruktion							
	1		2		3		4	
	Versuch		Versuch		Versuch		Versuch	
	1	2	1	2	1	2	1	2
0	8	8	8	11	7	8	10	16
5	438	420	515	470	380	458	463	510
10	663	627	585	628	650	705	645	628
15	713	800	760	740	800	755	740	770
20	820	805	811	775	760	770	720	780
25	860	853	850	828	820	875	845	850
30	895	873	880	905	905	892	865	880
40	932	892	907	952	940	945	935	903
50	965	982	965	940	965	978	965	960
60	1010	1002	980	1007	1005	995	955	993
70	-	-	995	-	1008	1012	1002	995
80	-	-	1005	-	1028	-	1032	1025
90	-	-	-	-	-	-	1055	-
105	-	-	-	-	-	-	1035	-

Anlage 6

Temperaturen in °C an den Wandkonstruktionen 1 und 2
(Lage der Meßstellen siehe Anlage 1 und 2)
Außen-Lufttemperatur während der Versuche 6 - 11 °C

Ver- suchs- zeit in min.	Temperaturen in °C auf der dem Feuer abgekehrten Seite bei									
	Wandkonstruktion 1				Wandkonstruktion 2					
	Versuch 1 ohne Behandlung		Versuch 2 mit Flammschutzmittel "Flammbraflex"1)		Versuch 1 ohne Behandlung			Versuch 2 mit Brandschutzfarbe "Wiedokoll"2)		
	Mittelwerte der Meßstellen		Mittelwerte der Meßstellen		Mittelwerte der Meßstellen			Mittelwerte der Meßstellen		
	1 - 5	6 - 7	1 - 5	6 - 7	1 - 5	6 - 7	8 - 9	1 - 5	6 - 7	8 - 9
	Über den Rahmen- stielen	auf den Sperrholz- feldern	Über den Rahmen- stielen	auf den Sperrholz- feldern	Über den Rahmen- stielen	auf den Brettern	auf den Brett- fugen	Über den Rahmen- stielen	auf den Brettern	auf den Brett- fugen
0	8	8	8	8	8	8	8	11	11	11
5	8	8	12	12	8	8	8	11	11	11
10	8	19	12	12	8	8	8	11	11	11
15	8	37	12	12	8	8	8	11	11	11
20	13	52	12	40	8	8	8	11	11	11
25	17	54	14	52	8	10	12	11	11	11
30	22	57	15	54	8	10	14	11	11	11
40	29	57	23	56	10	22	20	11	21	21
50	50	72	32	65	14	33	24	16	21	27
60	58	78	50	86	20	41	19	21	46	31
70	-	-	-	-	26	45	32	-	-	-
80	-	-	-	-	31	51	38	-	-	-

1) 2) Genauer Aufbau der Flammschutzmittel, siehe Seite 4.

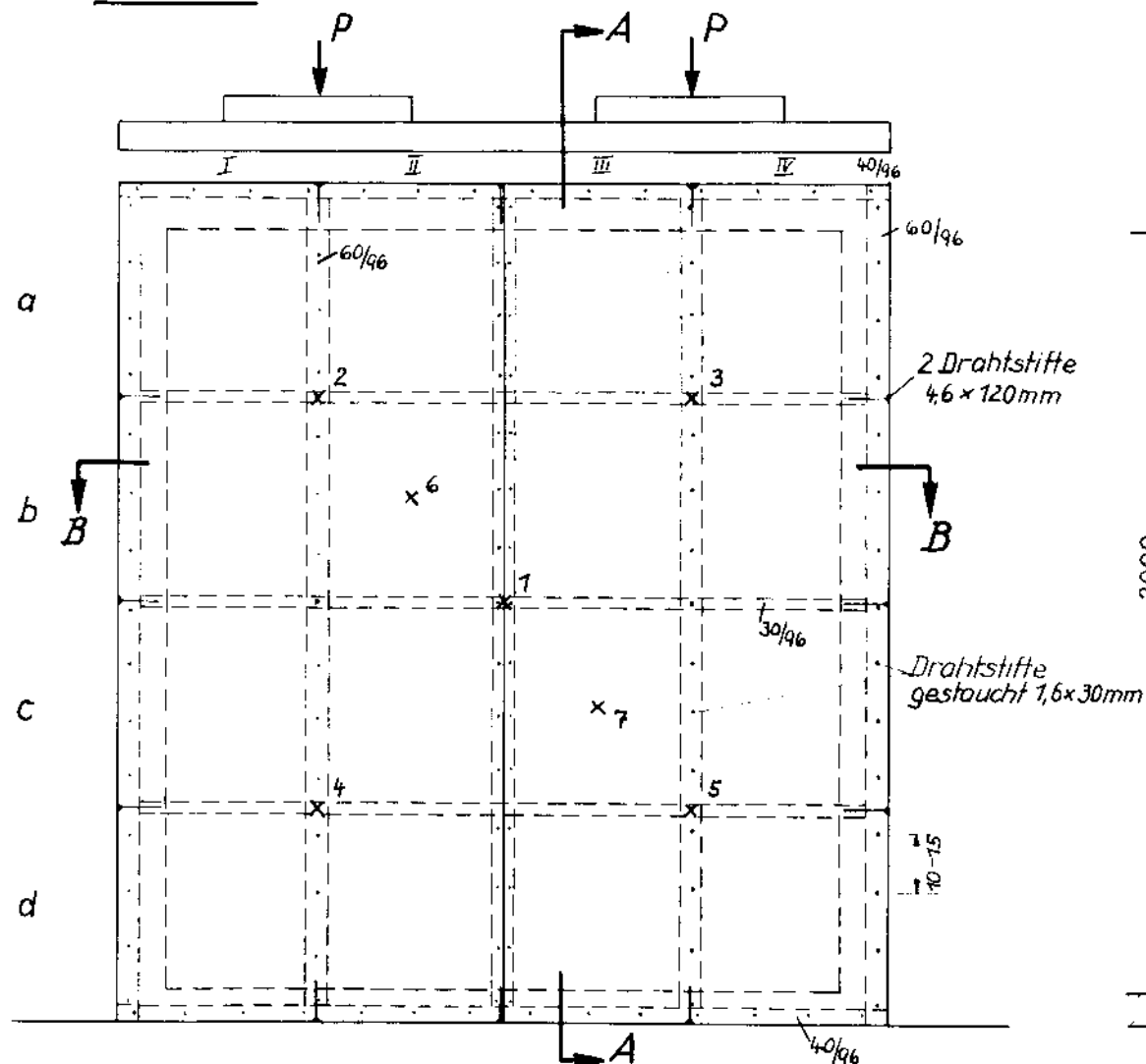
Anlage 7

Temperaturen in °C an den Wandkonstruktionen 3 und 4
(Lage der Meßstellen siehe Anlagen 3 und 4)
Außen-Lufttemperaturen während der Versuche 10 - 17 °C

Ver- suchs- zeit in min.	Temperaturen in °C auf der dem Feuer abgekehrten Seite bei												
	Wandkonstruktion 3					Wandkonstruktion 4							
	Versuch 1 ohne Behandlung		Versuch 2 ohne Behandlung			Versuch 1 ohne Behandlung				Versuch 2 ohne Behandlung			
	Mittelwerte der Meßstellen		Mittelwerte der Meßstellen ¹⁾			Mittelwerte der Meßstellen				Mittelwerte der Meßstellen			
	1 - 5	6 - 9	1 - 5	8 - 9	10 - 11	1 - 5	6	7	8	1 - 5	6	7	8
	über den Rahmen- stielen	auf den Brettern	über den Rahmen- stielen	auf den Brettern	auf den Brett- fugen	über d. Rahmen- stielen	Brettfuge über den Rahmenst.	auf den Brettern	auf der Brett- fuge	über d. Rahmen- stielen	Brettfuge über den Rahmenst.	auf den Brettern	auf der Brett- fuge
0	7	7	8	8	8	10	10	10	10	16	16	16	16
5	7	7	8	8	8	11	11	11	11	17	17	17	17
10	7	7	8	8	8	11	11	11	11	17	17	17	17
15	7	7	8	8	8	11	11	11	11	18	18	18	18
20	7	7	8	8	8	11	11	11	11	20	20	20	20
25	7	7	9	11	14	11	11	11	11	21	20	21	21
30	7	10	10	14	16	11	11	16	16	23	20	28	28
40	11	15	15	19	27	18	18	30	30	33	30	38	45
50	31	25	19	34	52	26	26	39	41	44	36	44	55
60	41	45	25	52	68	34	39	50	49	51	44	55	63
70	49	59	35	71	94	41	46	69	56	67	53	64	68
80	58	68	-	-	-	47	48	81	62	68	63	79	77
90	-	-	-	-	-	51	50	93	69	-	-	-	-
105	-	-	-	-	-	61	55	96	67	-	-	-	-

¹⁾Temperaturen an den Meßstellen 6 - 7 wurden nicht registriert.

Ansicht



Feuerseite

1800

2050

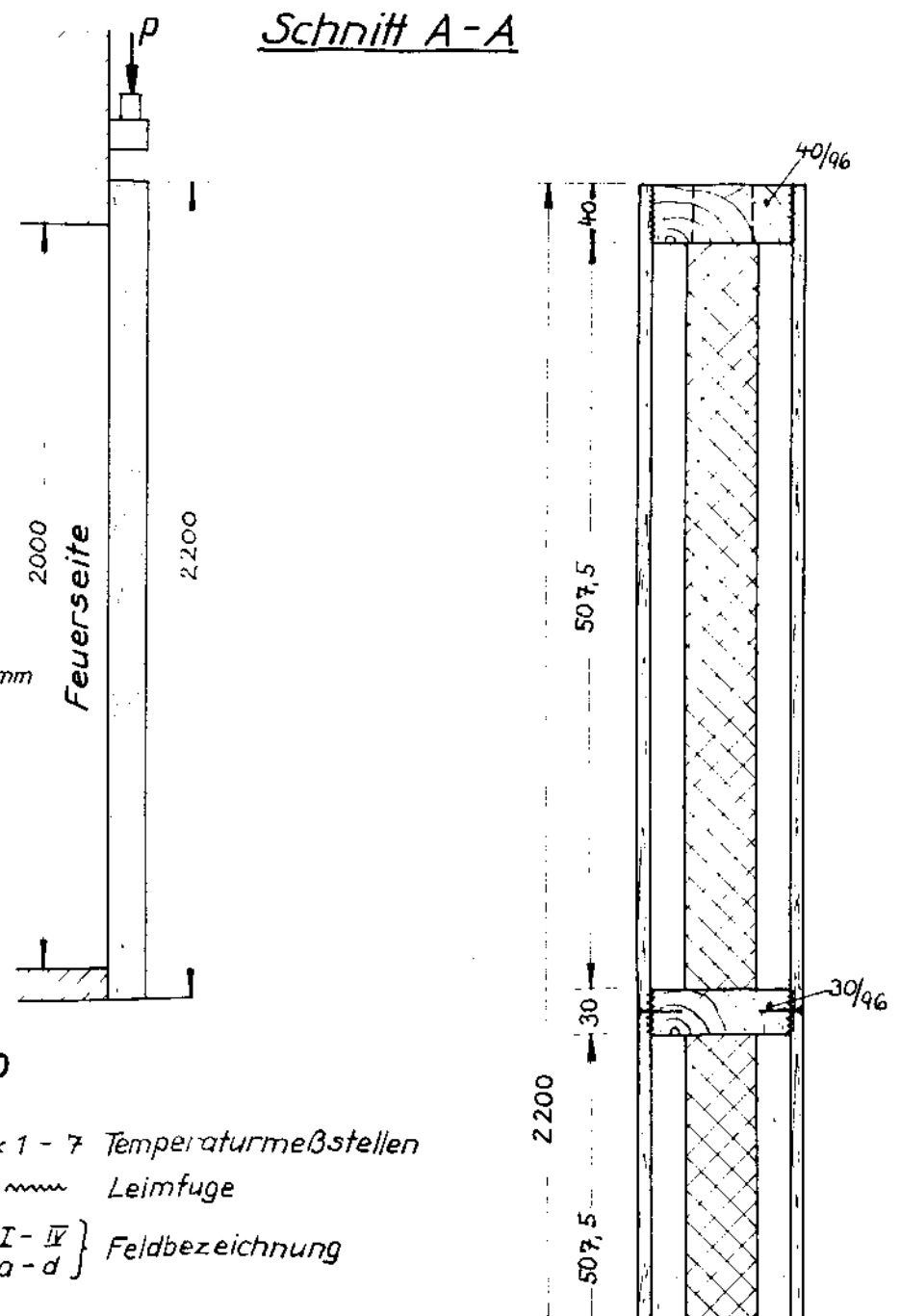
M. 1:20

x 1 - 7 Temperaturmeßstellen

~~~~~ Leimfuge

I - IV } Feldbezeichnung  
a - d }

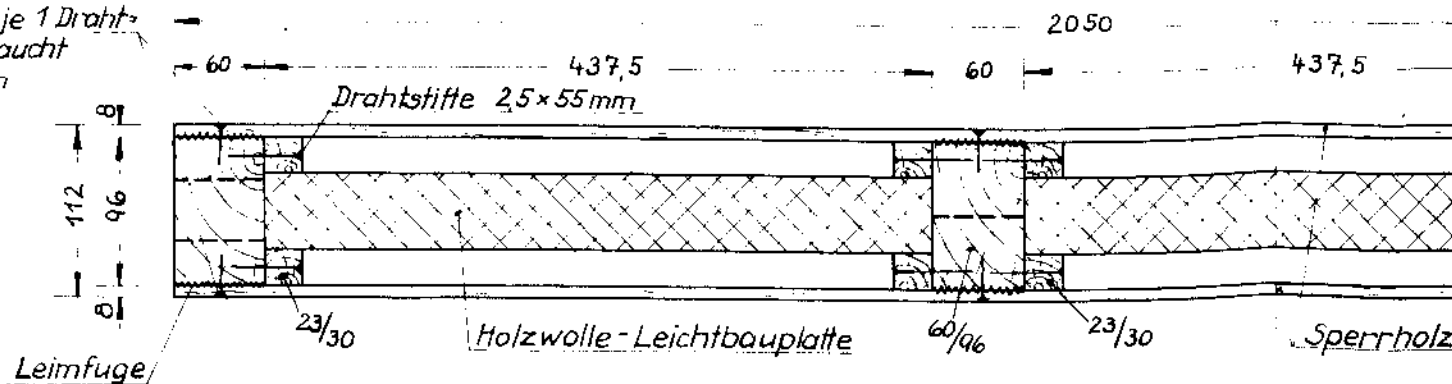
# Schnitt A-A



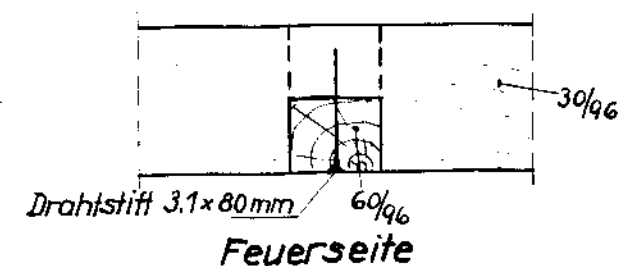
M. 1:5

# Schnitt B-B

10-15 cm je 1 Drahtstift gestaucht 1,6 x 30 mm



# Holzverbindung M. 1:5

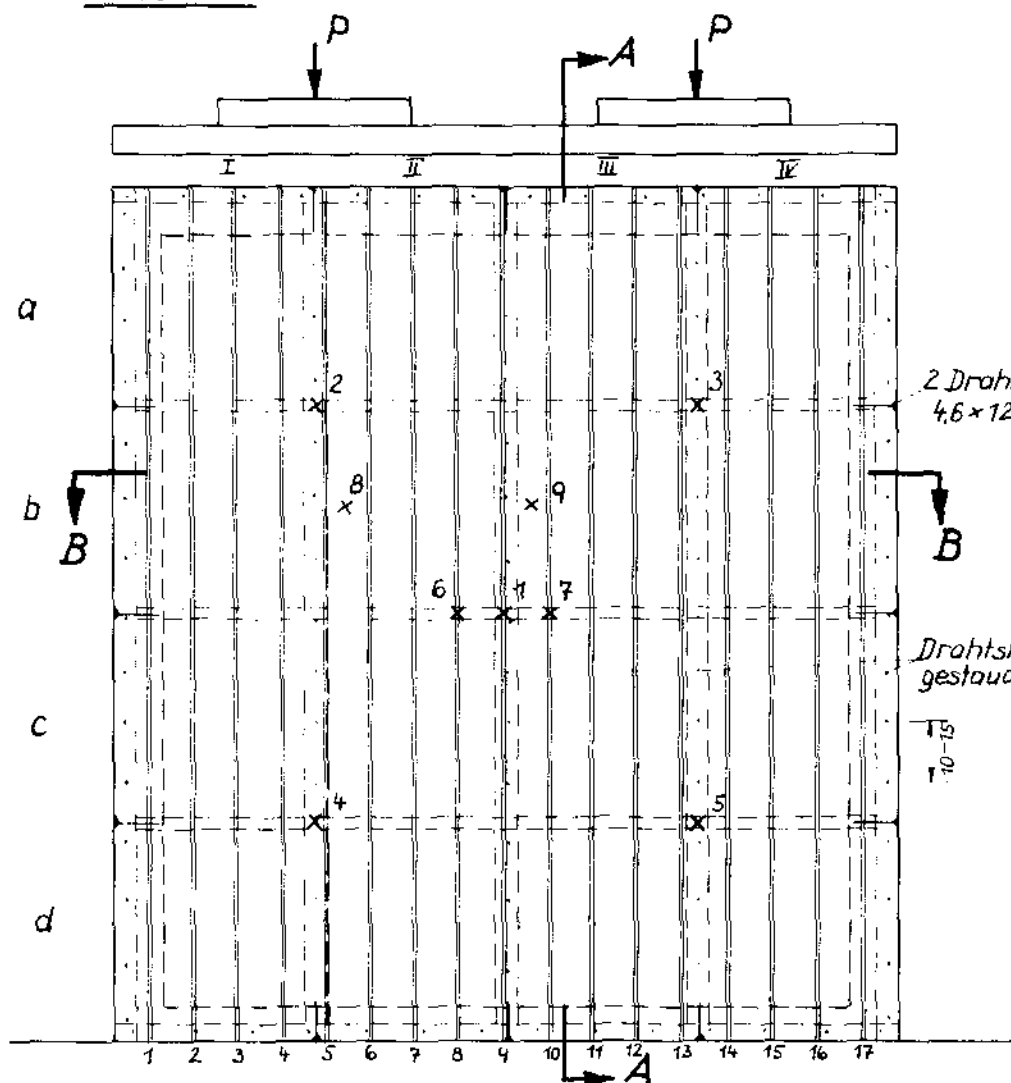


Institut  
für Baustoffkunde  
und Stahlbetonbau  
T. H. Braunschweig

Wandkonstruktion 1

Anlage 1 zum  
Forschungsauftrag  
"Brandversuche an  
Wandkonstruktionen  
in Holz"

# Ansicht



Feuerseite  
1800

2050

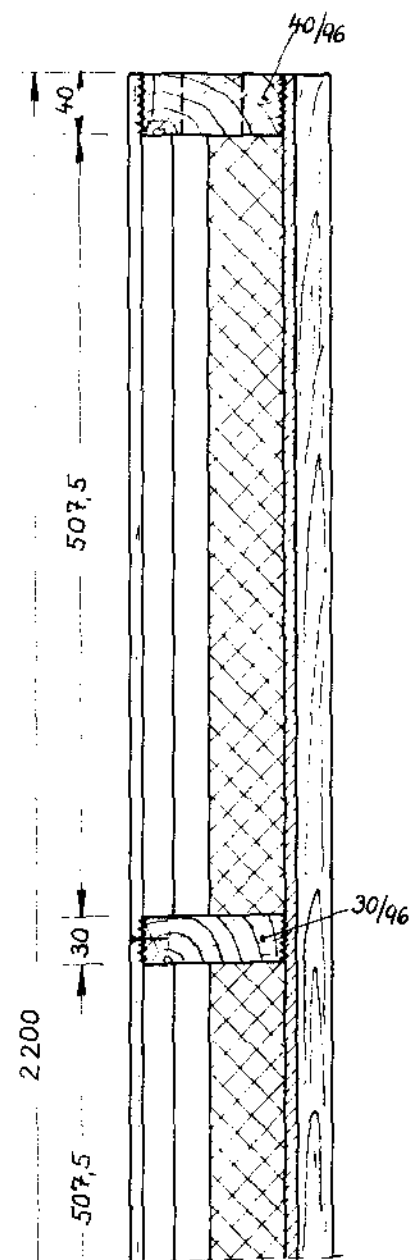
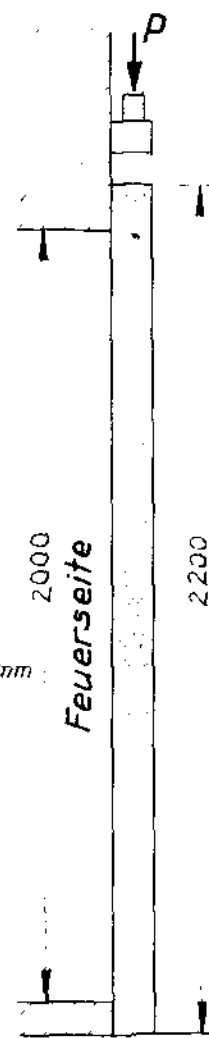
M. 1:20

× 1 - 9 Temperaturmeßstellen

~~~~~ Leimfuge

I - IV } Feldbezeichnung
a - d }

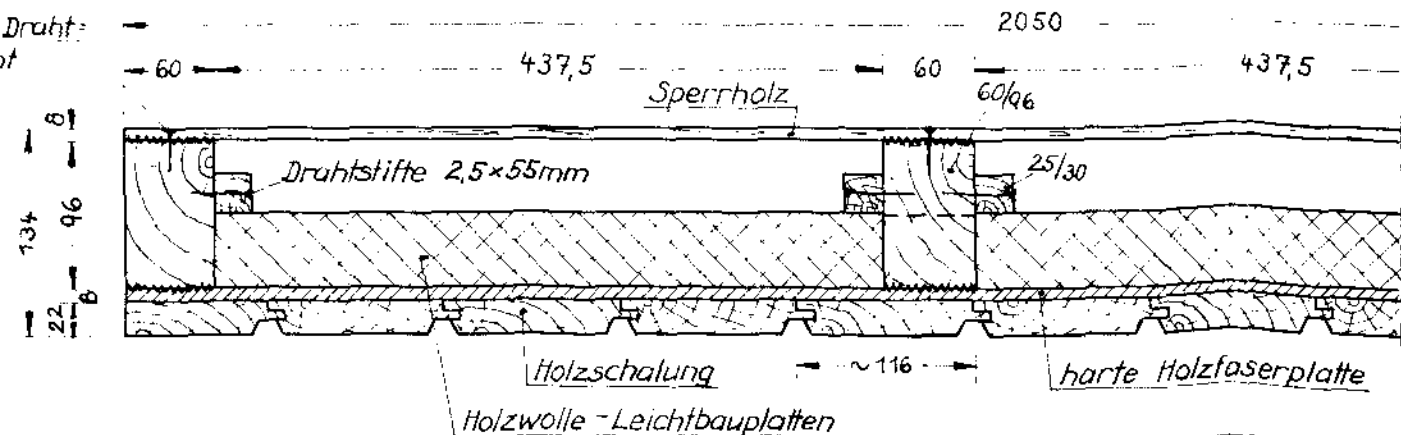
Schnitt A-A



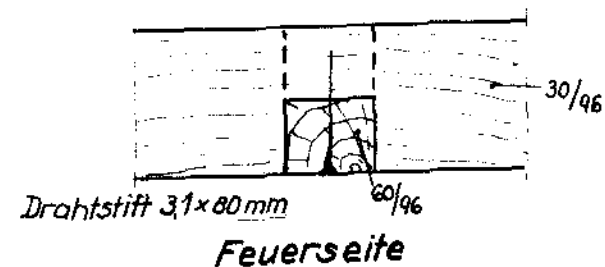
M. 1:5

Schnitt B-B

10-15 cm je 1 Drahtstift gestaucht
1,6 x 30 mm



Holzverbindung M. 1:5

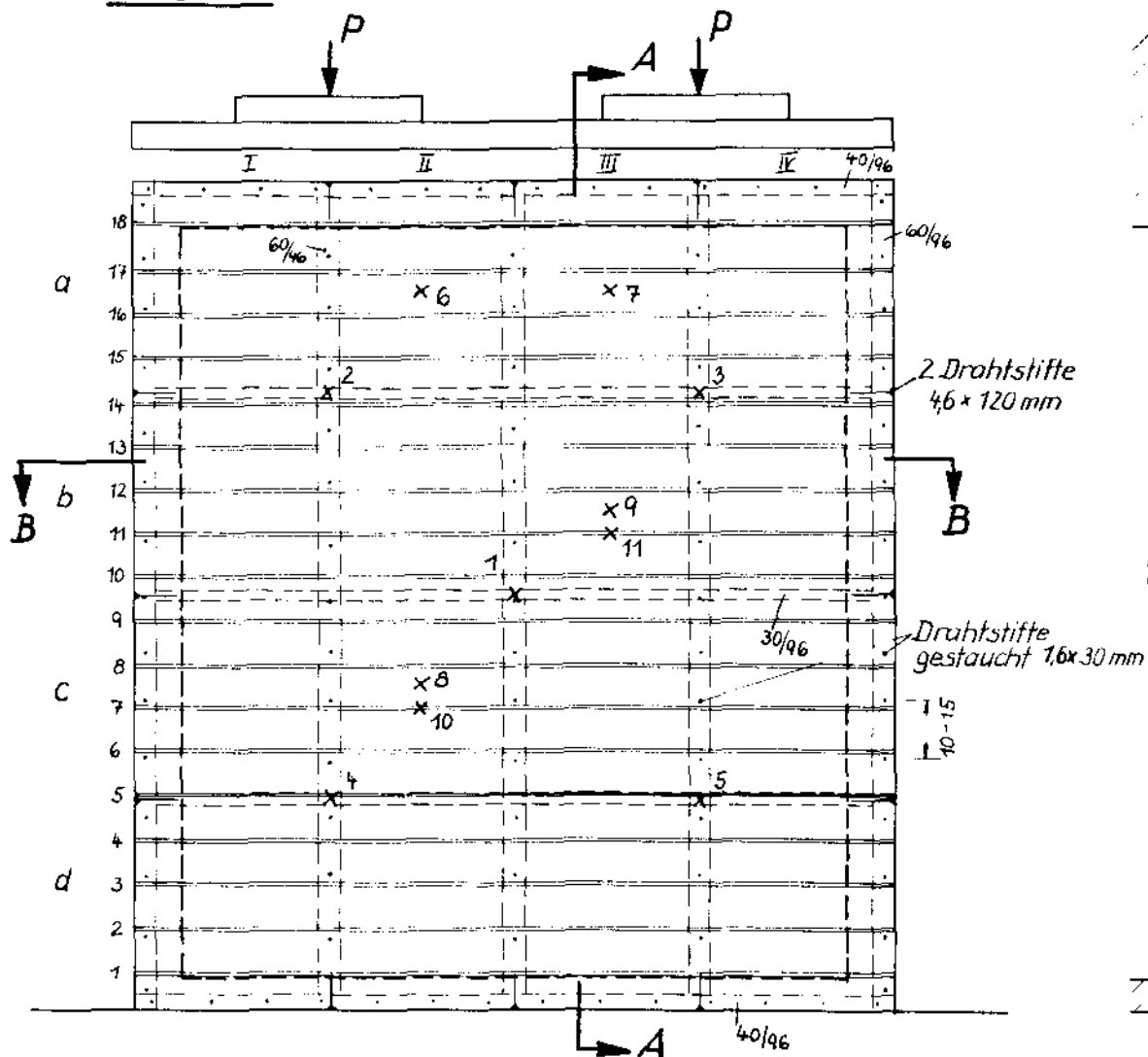


Institut
für Baustoffkunde
und Stahlbetonbau
T. H. Braunschweig

Wandkonstruktion 2

Anlage 2 zum
Forschungsauftrag
"Brandversuche an
Wandkonstruktionen
in Holz"

Ansicht



Feuerseite

1800

2050

M. 1:20

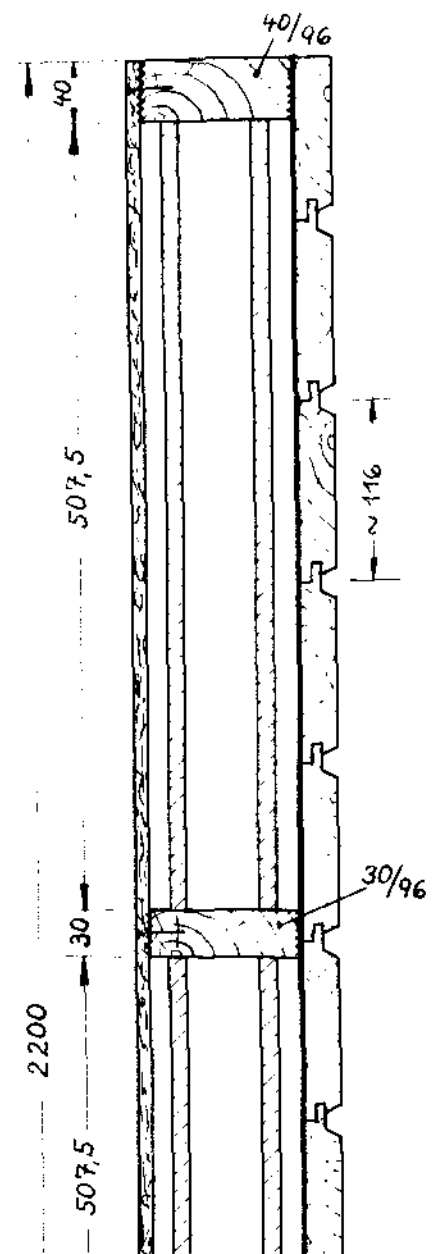
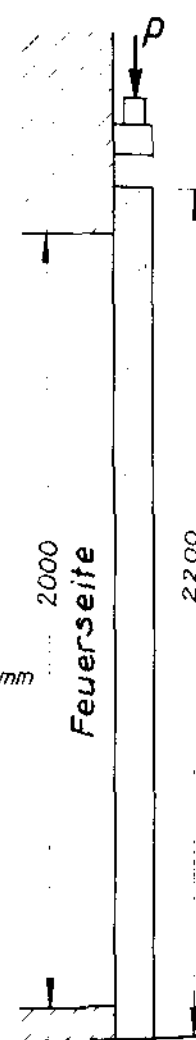
x 1 - 11 Temperaturmeßstellen

~~~~~ Leimfuge

I - IV } Feldbezeichnung

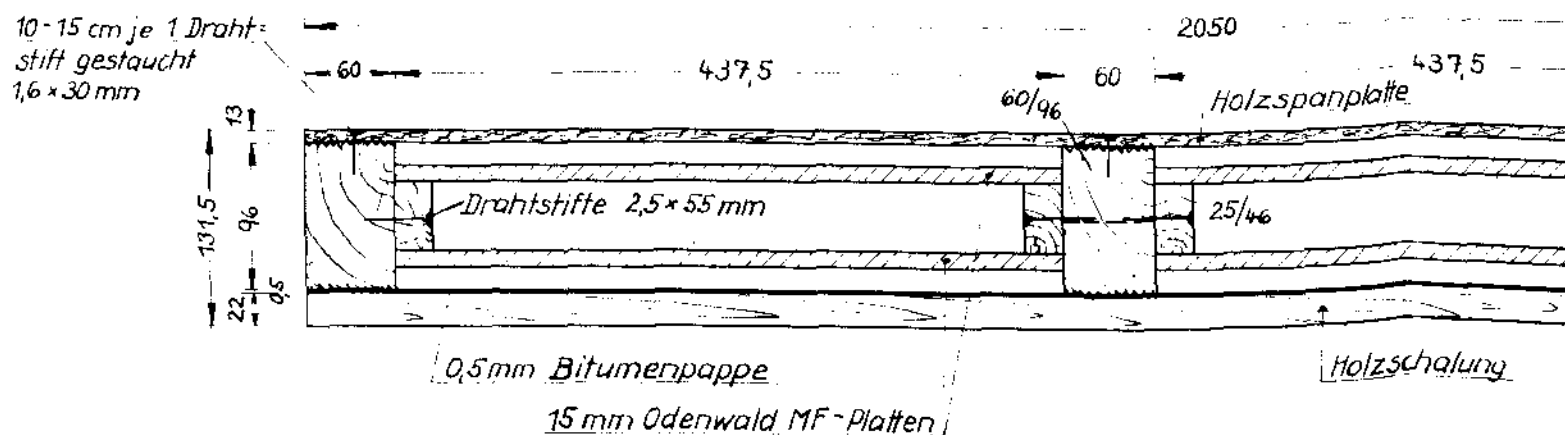
a - d }

# Schnitt A-A

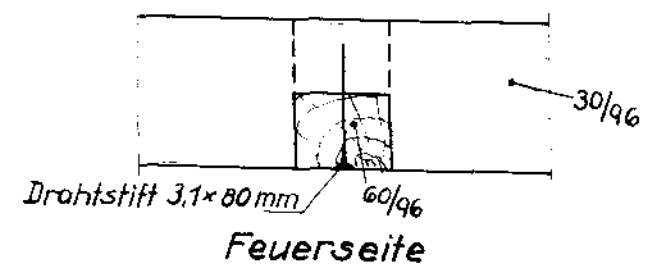


M. 1:5

# Schnitt B-B



# Holzverbindung M.1:5

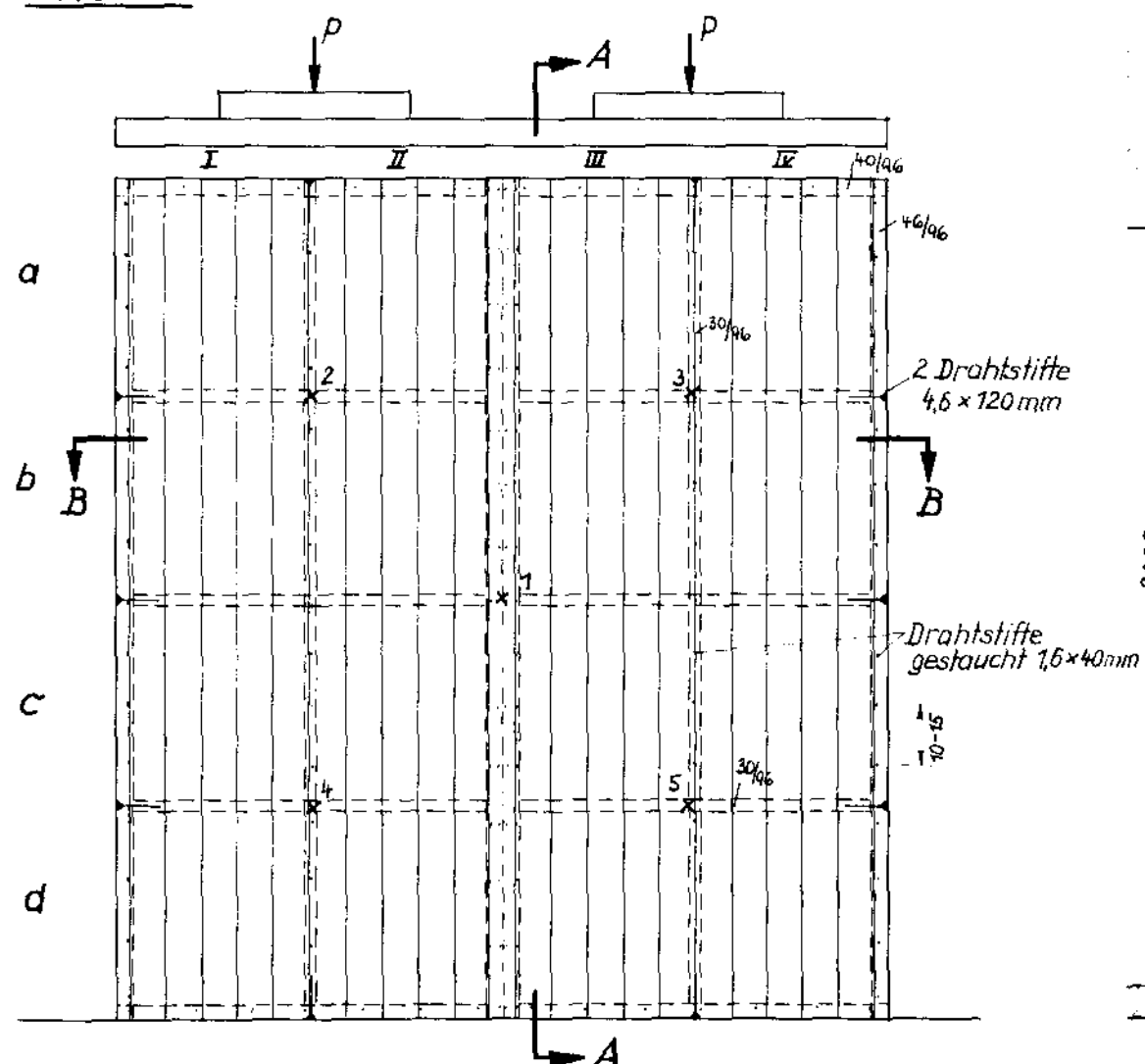


Institut  
für Baustoffkunde  
und Stahlbetonbau  
T. H. Braunschweig

Wandkonstruktion 3

Anlage 3 zum  
Forschungsauftrag  
"Brandversuche an  
Wandkonstruktionen  
in Holz"

# Ansicht

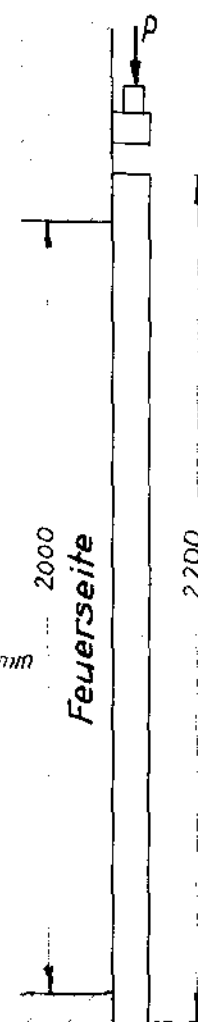


Feuerseite

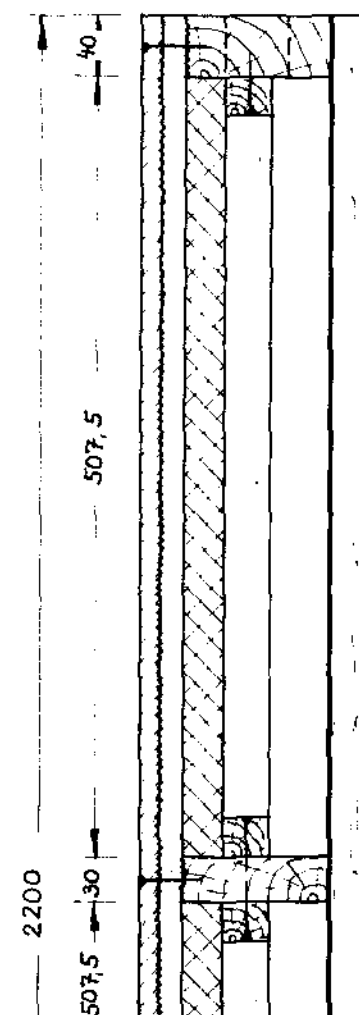
1800

2050

# Schnitt A-A



M. 1:20



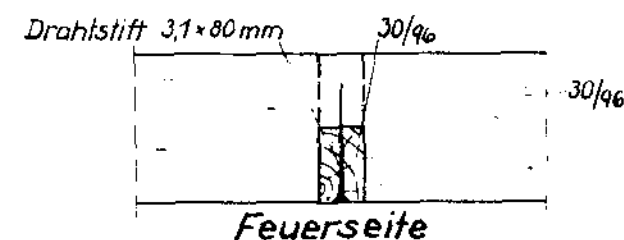
M. 1:5

× 1 - Temperaturmeßstellen

~~~~~ Leimfuge

I - IV } Feldbezeichnung
a - d }

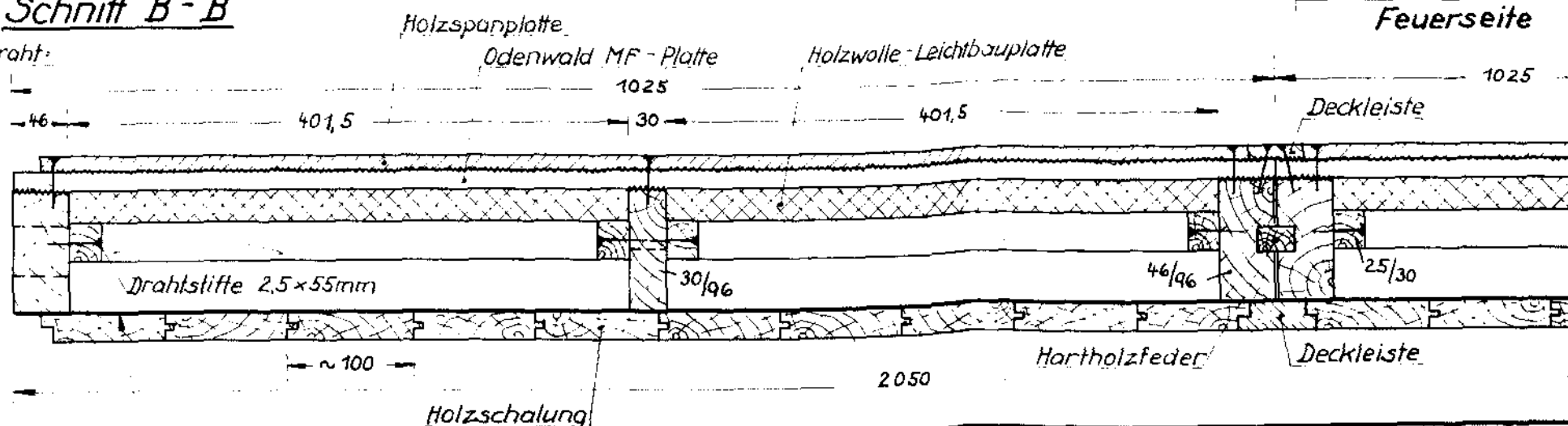
Holzverbindung M. 1:5



Schnitt B-B

10-15 cm je 1 Drahtstift gestaucht 1,6 x 40 mm

746,5
15
96
25
22
105



0,5 mm Bitumenpappe

M. 1:5

Institut
für Baustoffkunde
und Stahlbetonbau
T. H. Braunschweig

Wandkonstruktion 4

Anlage 4 zum
Forschungsauftrag
"Brandversuche an
Wandkonstruktionen
in Holz"

Anlage 9

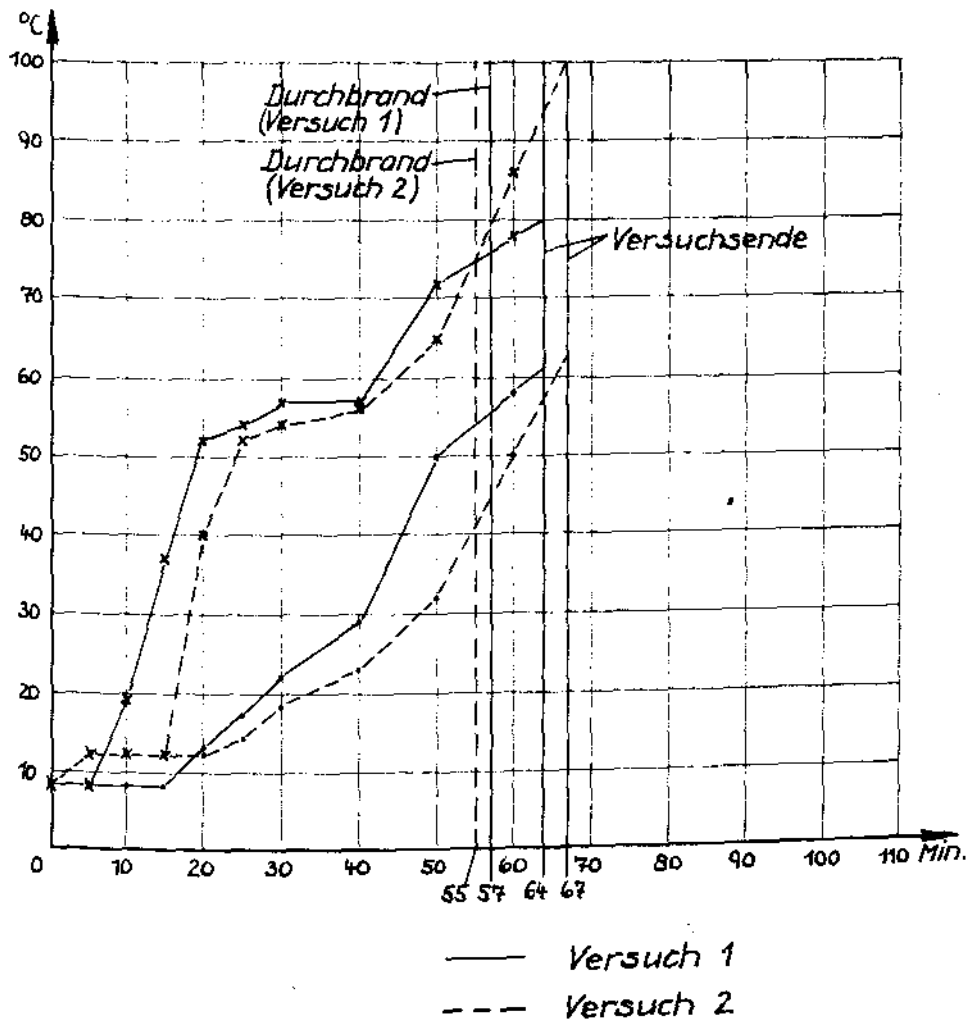
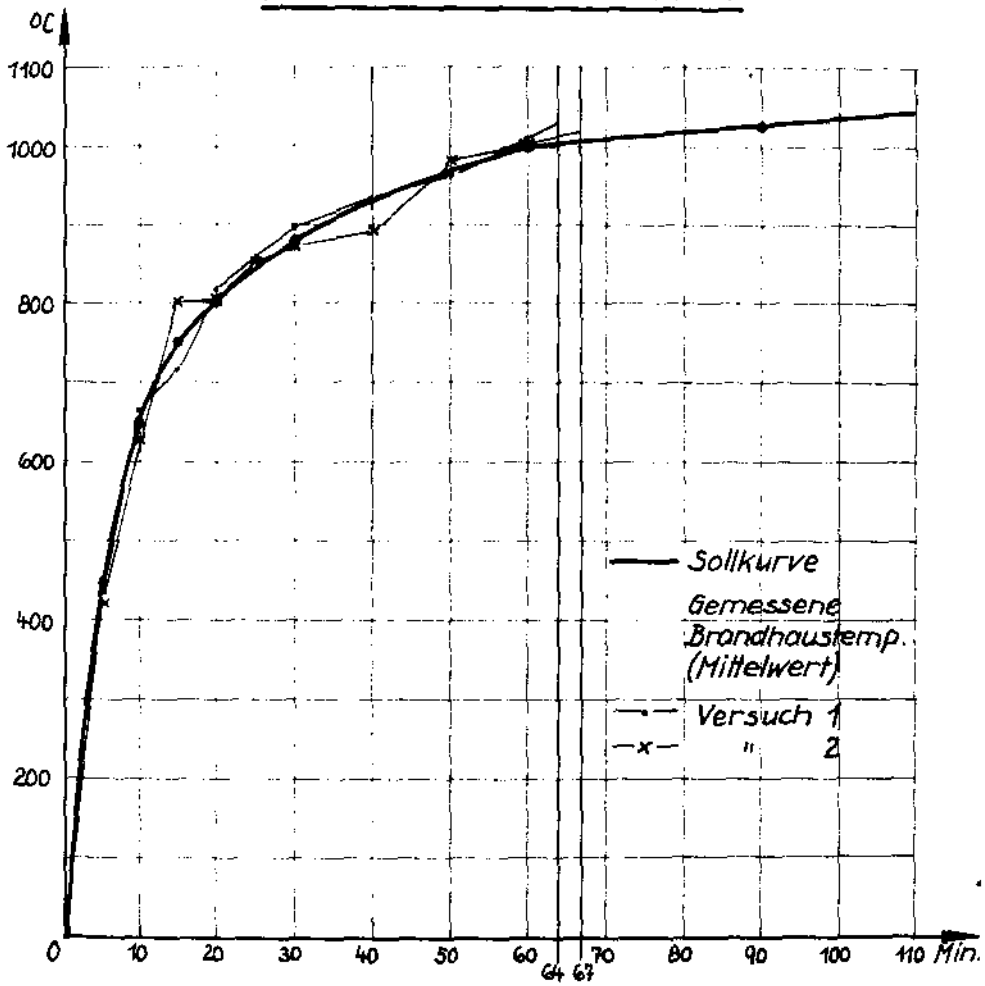
Beobachtungen während der Versuche

| Beobachtungen | kennzeichnende Angaben zu den Konstruktionen | Beobachtungsezeitpunkt bei Wandkonstruktion (Minuten: Sekunden) | | | | | | | |
|---|--|---|---|--|-------------------|---|--------------|---|-------------------------|
| | | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | |
| | | Versuch | | | | | | | |
| | | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| | Flammschutzmittel | - | "Flamm-
bralex" | - | "Wieder-
koll" | - | - | - | - |
| | Innenverkleidung | 1 mm Sperrholz | | 3 mm Sperrholz | | 15 mm Holzspanplatte | | 15 mm Odenwald MF-
Platte | |
| | Innenaufbau | 1 mm HL-Platte | | 10 mm HL-Platte | | 2 Odenwald MF-
Platten á 15 mm | | 50 mm HL-Platte | |
| | Außenverkleidung | 3 mm Sperrholz | | 8 mm harte Holz-
faserplatte
2 mm Holzschalung | | 0,5 mm Bitumenpappe
22 mm Holzschalung | | 0,5 mm Bitumenpappe
22 mm Holzschalung | |
| Schaumbildung der Flammschutzmittel | | - | 2 - 6 | - | 2 - 5 | - | - | - | - |
| Schaumschicht reißt an mehreren Stellen, die Dicke bis zu 10 cm | | - | 6 | - | 2 | - | - | - | - |
| Entflammung der Innenverkleidung (Sperrholz- bzw. Holzspanplatte) - bei den Wänden mit Flammschutzmittel zunächst nur in den Rissen der Schaumschicht - | | 3 | 8 | 3 | 5 | 3 | 2 | 2 | 2 |
| Schaumschicht reißt an weiteren Stellen und löst sich teilweise ab. Die brennende Innenverkleidung reißt z.T. netzförmig, brennt durch und fällt zunächst stellenweise, dann ganz ab. | | 3-15 | 8-28
(über 50 %
sind bereits
abgefallen) | 3-15 | 5-17 | 3-21 | 2-15 | 2-20 | 2-20 |
| Die hinter der Innenverkleidung liegenden, sichtbar gewordenen Unterkonstruktionen brennen. Die hinter den 15 mm dicken Odenwald-MF-Platten liegenden Konstruktionsteile können hierbei nicht beobachtet werden. | | ~10 | ~15 | ~7 | ~17 | ~17 | ~15 | - | - |
| Aus den Fugen zwischen den Odenwald-MF-Platten (Wandkonstruktion 4) schlagen Flammen. | | - | - | - | - | - | - | 50 | 60 |
| Odenwald-MF-Platte reißt - Rißbreite \leq ~8 mm - in Feld III d ¹⁾ | | - | - | - | - | 38-45 | - | - | - |
| Die in Feld II c ¹⁾ auf der Feuerseite liegende Odenwald-MF-Platte beult sich um 2 - 3 cm nach innen und fällt dann heraus; dahinter werden zwei Abfallstücke einer Odenwald-MF-Platte sichtbar, die ebenfalls herausfallen. | | - | - | - | - | - | 19-38 | - | - |
| Holzwohle-Leichtbauplatte fällt in 10 x 10 cm große Flächen auseinander und löst sich aus Feld III a und II c ¹⁾ heraus. | | - | - | - | 65 | - | - | - | - |
| An den Wandaußenseiten Qualmentwicklung, teilweise Holzteerbildung, stellenweise Braunfärbung - insbesondere in Fugen - | | 44-63 | 58-67 | 44-84 | 59-73 | 50-85 | 54-73 | 64-110 | 45-90 |
| Oberflächentemperaturen an der dem Feuer abgekehrten Wandaußenseiten überschreiten an den Stellen, bei denen anschließend der erste Durchbrand stattfindet, 130 °C. Teilweise wird der Feuerschein durch einige Fugen bereits sichtbar. | | ~53 | ~52 | ~53 | ~66 | ~69 | ~65 | ~95 | ~65 |
| Erster Durchbrand der Wandkonstruktion an Stelle (Feldbezeichnung) ¹⁾ | | 57
I b | 55
I d | 55
I c | 67
I c | 73
III d | 70
II c | 102
II c | 85
III d |
| zweiter Durchbrand der Wandkonstruktion an Stelle (Feldbezeichnung) ¹⁾ | | 63
III d | 62+67
Ic+IIIc | 64
I d | 70
II c | 83
II a-d | 73
II a-d | 109
III abc | 87-90
gesamte Fläche |
| Versuch abgebrochen | | 64 | 67 | 84 | 73 | 85 | 73 | 110 | 90 |

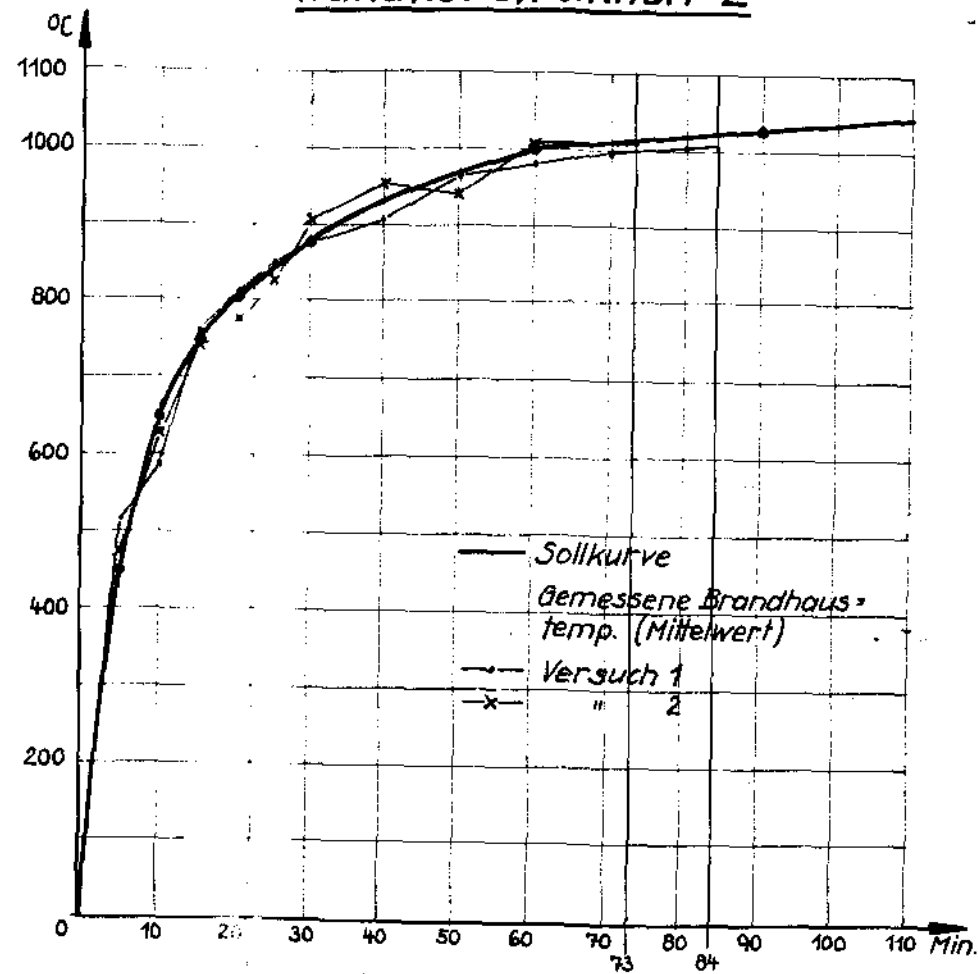
¹⁾ Feldbezeichnungen siehe Anlage 1 bis 4

²⁾ genaue Bezeichnungen siehe Abschnitt 3, Seite 4

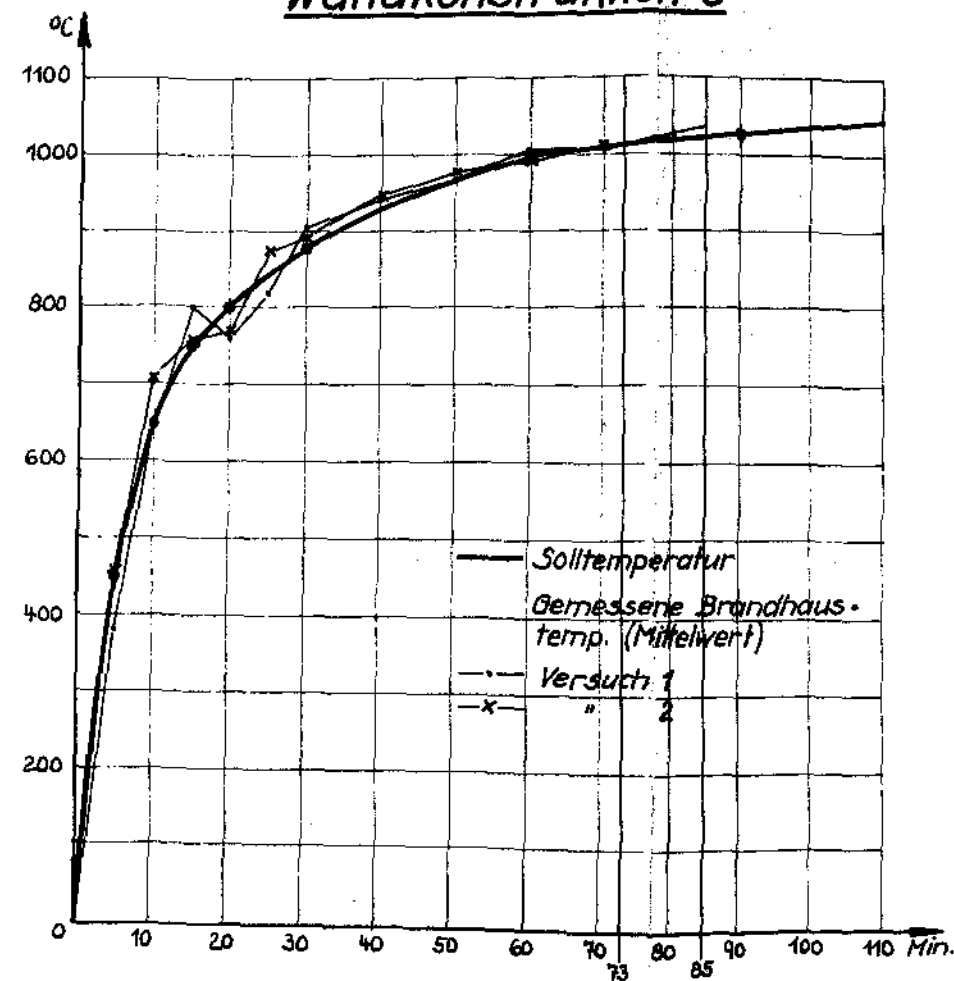
Wandkonstruktion 1



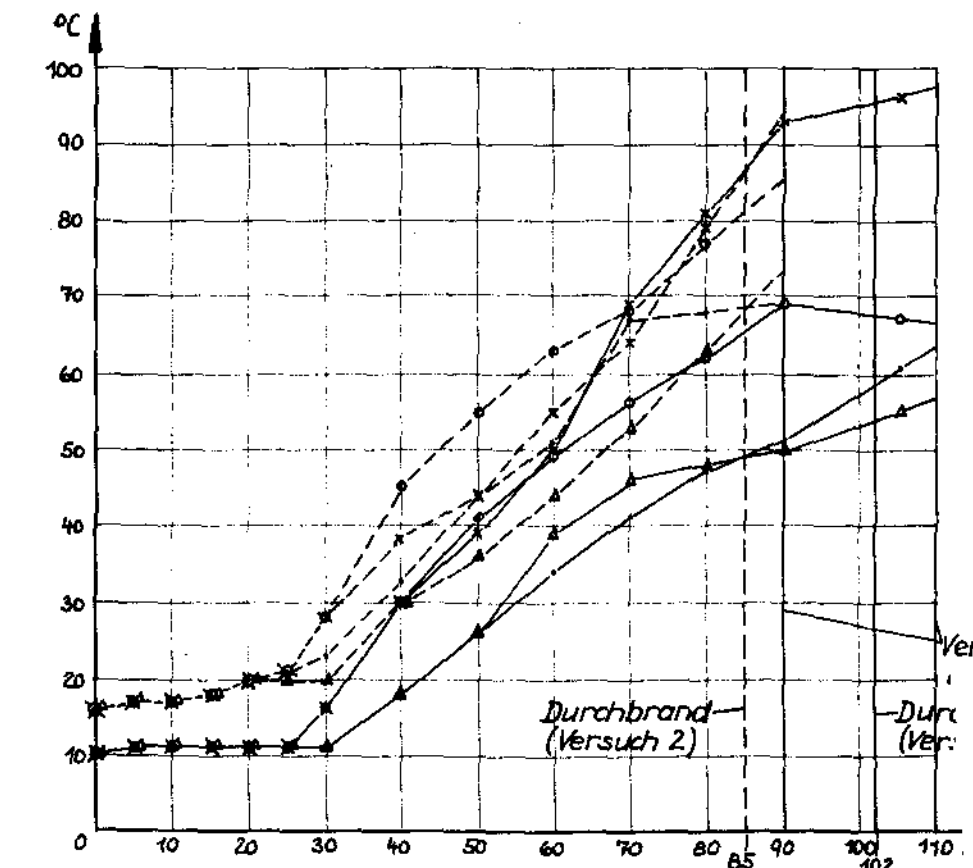
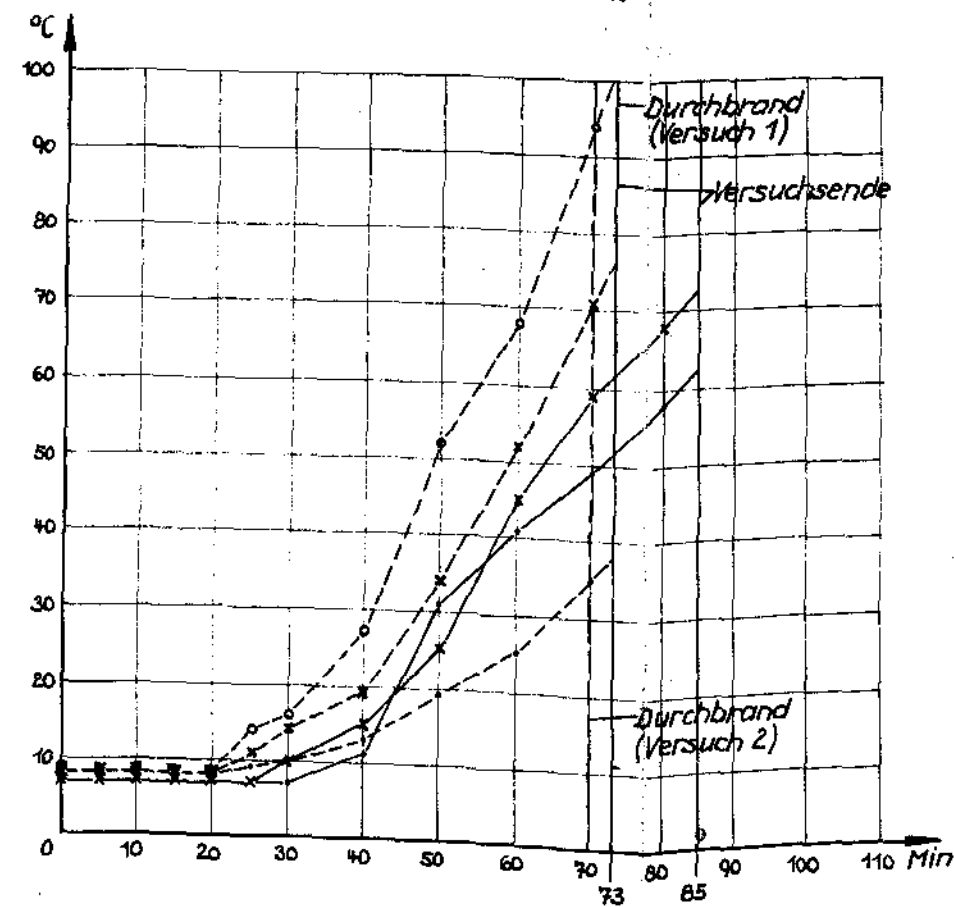
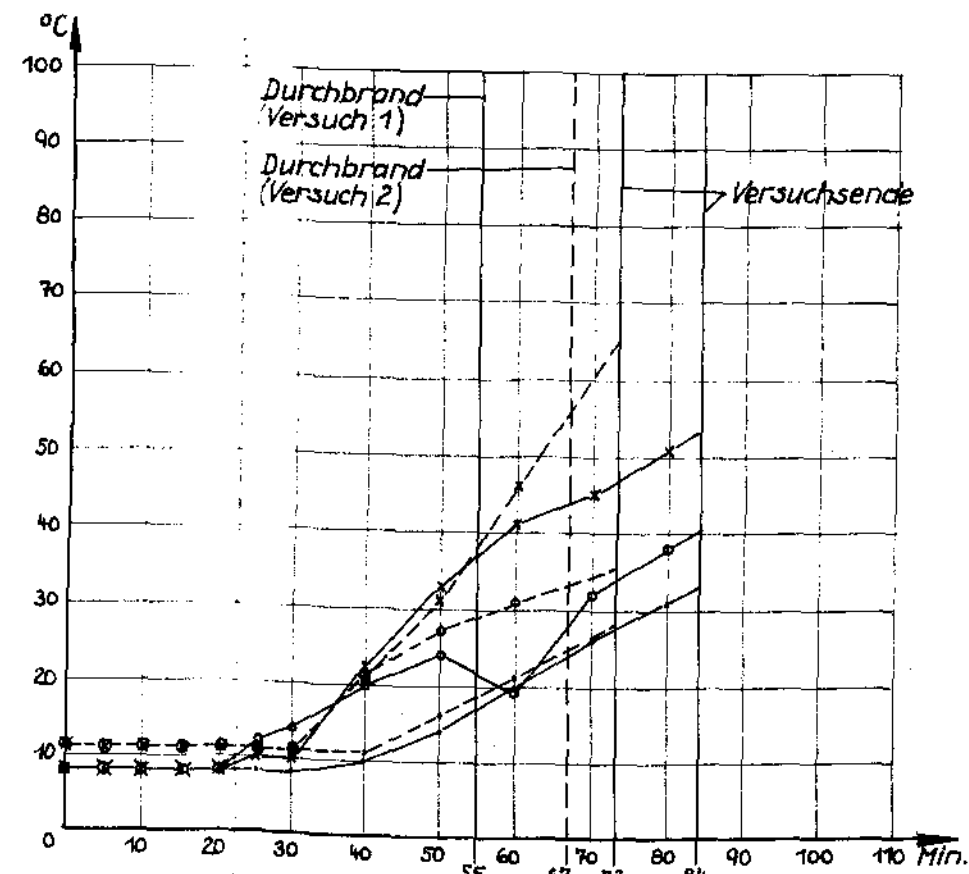
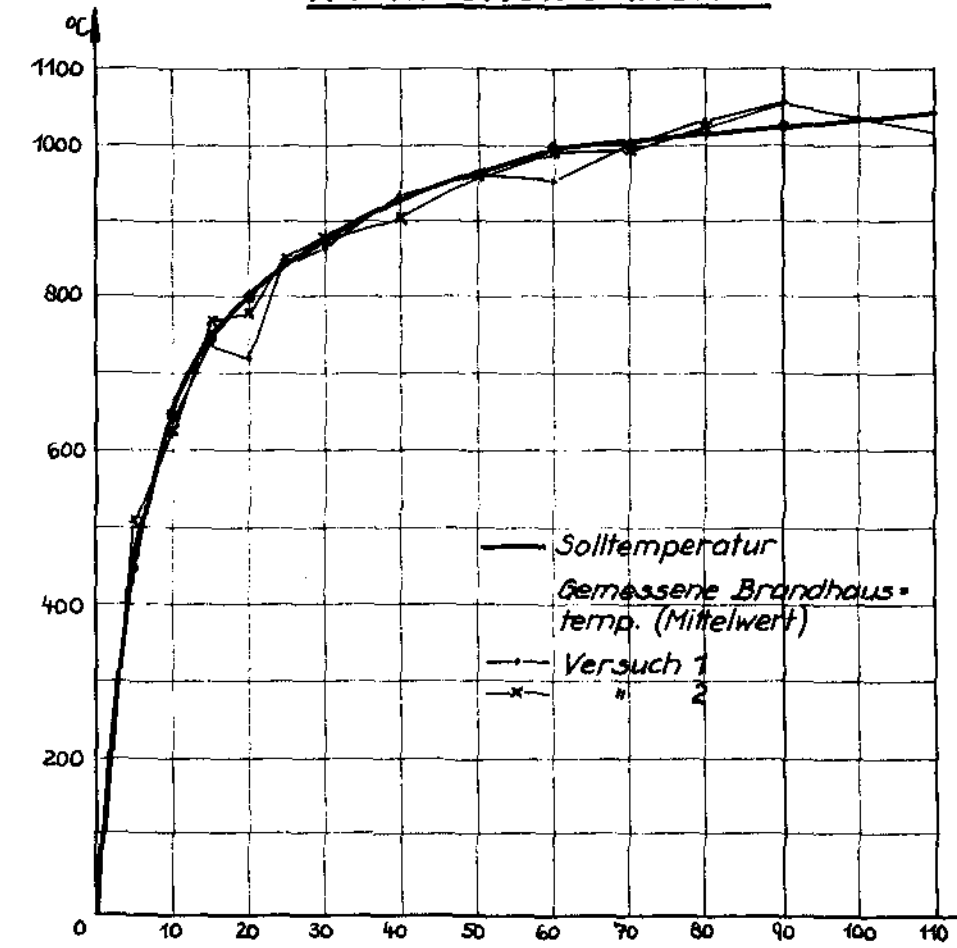
Wandkonstruktion 2



Wandkonstruktion 3



Wandkonstruktion 4



• Mittelwerte der Meßstellen über den Rahmenstielen
 x " " " auf den Brettern bzw. auf den Sperrholzfeldern
 o " " " auf den Brettungen
 Δ " " " auf der Brettung über den Rahmenstielen

Lage der Meßst.
 s. Anl. 1-4

Institut
 für Baustoffkunde
 und Stahlbetonbau
 T. H. Braunschweig

Temperaturkurven

Anlage 8
 Forschungs-
 Brandversuch
 Wandkonstruktion
 in Holz

5.00 8.50
5.00 8.50

Brech. Syst. ✓

31. JANUAR 1991

30 - 0308/001